

Sealing and consolidating water- or gas-permeable areas in ground - involves mixing sealing and consolidation materials with gas and injecting into ground etc. using probes

Publication number: DE4237999

Publication date: 1994-05-26

Inventor: ERNST WERNER PROF DR (DE); LUETKEHAUS
MANFRED DR (DE); NOSKE PETER (DE); WEIMANN-
GRUBER ALFRED (DE)

Applicant: HEIDELBERGER BAUSTOFFTECH GMBH (DE)

Classification:

- international: E02B7/00; E02D3/12; E02B7/00; E02D3/00; (IPC1-7):
E02D3/12; E02B3/16

- european: E02B7/00; E02D3/12

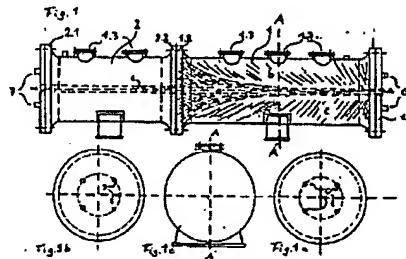
Application number: DE19924237999 19921111

Priority number(s): DE19924237999 19921111

Report a data error here

Abstract of DE4237999

Sealing materials (a) are mixed with gaseous carrier mediums. They are blown into the permeable ground areas via one or more injection probes, and are settled in the zones to be sealed. The carrier gas consists of compressed air, nitrogen, or carbon dioxide. Suitable inclination and depth of the injection probes permits the mixed material/gas flow to be directed, so that permeable areas at different depths can be reached and consolidated. The sealing material consists of finest cement, with granulation of under 16 m, pref. mainly under 10 m, esp. under 8 m. USE/ADVANTAGE - Sealing and consolidating natural ground, rocks, earth and stone constructions, having fissures, cracks, erosions, etc. using simplified and non-destructive method.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 42 37 999 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
E 02 D 3/12
E 02 B 3/16

②1 Aktenzeichen: P 42 37 999.7
②2 Anmeldetag: 11. 11. 92
④3 Offenlegungstag: 26. 5. 94

DE 42 37 999 A 1

⑦1 Anmelder:
Heidelberger Baustofftechnik GmbH, 69115
Heidelberg, DE

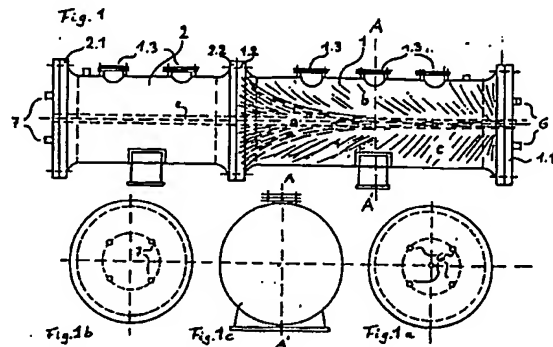
⑦4 Vertreter:
Zellentin, R., Dipl.-Geologe Dr.rer.nat., 80331
München; Zellentin, W., Dipl.-Ing.; Großdorf, J.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 67061
Ludwigshafen

⑦2 Erfinder:
Ernst, Werner, Prof. Dr., 7400 Tübingen, DE;
Lütkehaus, Manfred, Dr., 6900 Heidelberg, DE;
Noske, Peter, 6912 Dielheim, DE; Weimann-Gruber,
Alfred, 6902 Sandhausen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Abdichtung und Festigung von Wasser- und Gasdurchlässigkeitsbereichen in natürlichen Böden, Gesteinen und Erd- und Steinbauwerken

⑤7 Es wird ein Verfahren beschrieben, mit dessen Hilfe Durchlässigkeitsbereiche in natürlichen Böden, Gesteinen und Erd- und Steinbauwerken abgedichtet und verfestigt werden können.
Dazu werden geeignete Dichtungsmaterialien oder Verfestigungsmaterialien mit Hilfe eines Gasstromes in die geschädigten Gefüge eingeblasen, welche dort eingelagert werden und eine bleibende Verbindung mit dem Gefüge der durchlässigen Böden, Gesteine, Erd- und Steinbauwerke eingehen.
Das Verfahren ist insbesondere zur Abdichtung von durchlässigen Fehlstellen in Dämmen, Deichen, Dichtwänden, Horizontalabsperrungen und zur Festigung von Baustoffen ganz allgemein geeignet.



DE 42 37 999 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 94 408 021/18

12/34

Die Erfindung betrifft die Abdichtung und Verfestigung von wasser- und gasdurchlässigen Stellen in natürlichen Böden, Gesteinen und Erd- und Steinbauwerken und schafft die dazu erforderlichen Verfahren und Vorrichtungen.

Die Erfindung beruht auf der bekannten Tatsache, daß sich ein in Böden, Gesteinen und Erdmaterialien eingepreßtes Gas wie z. B. Kohlendioxid, Luft oder auch Erdgas entlang von Durchlässigkeitszonen in den genannten Boden-, Stein- und Erdmaterialien bewegt. Dadurch ist es möglich, solche mit Gasen gefüllte Durchlässigkeitsbereiche in Böden, Gesteinen, Erd- und Steinbauwerken mittels geeigneten Gasmeßverfahren zu erkennen und diese auch lagenmäßig zu fixieren (EP-A 0105967).

Unter Durchlässigkeitsbereiche werden solche Teile in den genannten Materialien verstanden, welche in Böden und Erdbauwerken setzungsbedingte Rißbildungen sowie material- und entwicklungsbedingte Inhomogenitäten in Gesteinen und Steinbauwerken Klüfte, Risse und Materialveränderungen aufweisen. An diesen Stellen ist die Festigkeit stark herabgesetzt, so daß es leicht zu einer Vergrößerung der Störung bis zum Bruch des ganzen Gefüges kommen kann. Solche Gefügeveränderungen stellen ferner bei Deichen, Dämmen, Dichtwänden und Basisabdichtungen von Deponien eine permanente Gefahr dar, die darin besteht, daß angestautes und mit Schadstoffen belastetes Wasser durch diese gestörten und durchlässigen Bereiche aus dem Reservoir oder aus der Deponie entweichen. Eine Abdichtung solcher Stellen ist oft nur durch aufwendige Baumaßnahmen möglich, welche auch einen Eingriff in benachbarte nicht gestörte Bereiche bedeuten.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, Verfahren und Vorrichtungen zu schaffen, welche in einer zerstörungsfreien Weise geeignete Abdichtungsmaterialien oder Verfestigungsmaterialien in die gefügeschädigten durchlässigen Bereiche der Böden, Gesteine, Erd- und Steinbauwerke einbringen. Dabei werden die für die Bauwerke geeigneten Abdichtungsmittel oder Verfestigungsmittel einem gasförmigen Trägerstrom, vorzugsweise aus Kohlendioxid, oder Luft beigemischt, mit dem diese Materialien als Feststoffe oder Dämpfe an die gestörten und durchlässigen Bereiche der Böden, Gesteine und Bauwerke transportiert und dort abgesetzt werden.

Geeignete Abdichtungsmaterialien sind alle festen, flüssigen und gasförmigen Stoffe, welche die Eigenschaft aufweisen, vermischt mit einem Gas- oder Luftstrom die gestörten und durchlässigen Gefüge der Böden, Gesteine, Erd- und Steinbauwerke zu erreichen und dort mit dem Gefüge eine Verbindung eingehen oder eine feste Anlagerung zu bewirken, die zu einer Verminderung oder zu einer vollständigen Unterbindung der Durchlässigkeit und zur Verfestigung des Gefüges beiträgt.

Zu solchen in Gasen transportierbaren Dichtungsmaterialien zählen:

1. stark hygroskopische, feinstkörnige Zemente, die mit der natürlichen Feuchte in Böden, Gesteinen, Erd- und Steinbauwerken reagieren oder mit zugeführter Feuchtigkeit eine feste Abbindung erreichen.
2. Bitumen wie z. B. Asphalt, welche in verdampfter Form allein oder mit einem Trägergas an die

Durchlässigkeitsbereiche herangeführt werden und sich dort nach Abkühlung ausscheiden.

Als Transportgas wird vorzugsweise Preßluft oder Stickstoff wegen seiner Preisgünstigkeit oder Kohlendioxid wegen der einfachen Detektierbarkeit verwendet. Edelgase und Erdgas sind ebenfalls detektierbar, aber nicht preiswert bzw. mit Luft explosiv, so daß sie nicht vorteilhaft sind.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Hauptanspruches gelöst und durch die der Unteransprüche gefördert.

Erfindungsgemäß geht es demnach um einen Transport von Dichtungsmaterialien in einem Trägergas an die durchlässigen Bereiche von Böden, Gesteinen, Erd- und Steinbauwerken. Das mit den Dichtungsmaterialien beladene Trägergas wird mittels Injektionssonden, worunter auch dreh- und ziehbare Rohre verstanden werden, die in entsprechende Bohrungen des zu dichtenden Gefüges eingelassen sind, in die durchlässigen Bereiche gelenkt, in denen das Dichtmaterial sich absetzt, während das Trägergas entweicht.

Gegenüber den herkömmlichen Methoden der Einpressung von Materialien zur Dichtung und Festigung von Hohlräumen und Klüften hat das gasförmige Einpressen von Dichtungsstoffen den Vorteil, daß dazu kein Wasser zur Lösung und für den Transport der Dichtungsmittel erforderlich ist, daß mit dem Gasstrom bei verhältnismäßig niedrigen Drücken (1-5 bar) größere Entfernungen in Böden, Gesteinen, Erd- und Steinbauwerken überwunden werden können und daß damit auch weniger permeable Bereiche erreicht werden, in denen die zugeführten Dichtungsstoffe besser als mit Wasser verteilt werden.

Einzelheiten des Verfahrens und der Vorrichtungen werden nachfolgend anhand bestimmter Anwendungsbeispiele in Verbindung mit Zeichnungen erläutert.

Fig. 1 zeigt das Versuchsprinzip im Labormaßstab. Dargestellt ist der Durchgang eines Luft/Zementgemisches in einem Metallrohr und die Verteilung des Zementes im Schotter des Rohrteiles 1 und auf der Vorderseite eines Dichtungstones im Rohrteil 2. Die Rohranlage besteht aus zwei hintereinander geschraubten Metallrohren 1 und 2 mit einer Gesamtlänge von 2,60 m und mit einem Durchmesser von 0,52 m. Die Längen der einzelnen Rohrabschnitte betragen 1,58 m (1) und 1,08 m (2) zusammen mit den beiden Anschlußflanschen 1.2 und 2.2 (Fig. 1).

Der Rohrabschnitt 1 war mit einem Porphyrschotter 4 der Körnung 45/120 mm beschickt. Der Hauptanteil der Körner lag im gröberen Bereich. Im Rohrabschnitt 2 ist Dichtungston mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von 25% eingestampft worden. Dieser Dichtungston ist entlang der Mittelachse des Rohres mit einem Spiralbohrer von 90 mm durchbohrt worden. Das Bohrloch 5 ist anschließend mit dem Ton des Bohraushubes wieder locker verfüllt worden.

Die Einlaßöffnung 6 für das Luft/Zementgemisch befindet sich in der Mitte des vorderen Abschlußdeckels (1.1), der dem Rohrteil 1 gasdicht aufgeschraubt ist.

Der Rohrteil 2 wird durch einen entsprechenden Abschlußdeckel 2.1 mit mehreren Auslaßöffnungen 7 verschlossen.

Der Zement wird aus einem Vorratsbehälter durch einen Gas- oder Luftstrom angesaugt (siehe Fig. 2) und dem Versuchskörper unter Drücken bis ca. 3 bar zugeführt. Als Feinstzement fand bei diesem Versuch Microcem A (Heidelberger Baustofftechnik GmbH) Anwen-

dung, der mit einer spezifischen Oberfläche von 11.000 bis 16.000 cm²/g und mit einem Korngrößenanteil kleiner als 2 µm zwischen 30 und 35% und 95–100% kleiner 16 µm charakterisiert ist. Die Transportgeschwindigkeit in der Druckleitung beträgt 0,3–10 m/sec.

In Fig. 2 wird Gas unter Druck durch die Leitung 30 zugeführt und entweder zu Meßzwecken direkt über die Ableitung 32 zur Sonde geführt, oder über die Leitung 32 und den Verteiler 33 in den Zementmischbehälter 34 eingeblasen, dem aus dem Förderer 35 Zement zugeführt werden kann. Das Gemisch wird über die Leitung 36 wieder zur Ableitung 32 geführt. Absperrventile 37 regeln die verschiedenen Gasströme.

Der mit diesen Geräten und dem genannten Dichtungsmaterial vorgenommene Versuch erbrachte einen weitreichenden Transport des eingeblasenen Zementes bis zum hinteren Ende des Rohrabschnittes 1 und entlang der Wand des Rohrteiles 2 sowie in die hintere Öffnung der Tondurchbohrung hinein. Der transportierte Zement verteilte sich aufgrund der sehr kleinen Korngrößen weitgehend und dicht im Grobgefüge des Porphyrschotters und gelangte sogar über Fugen und das abgedichtete Bohrloch mehrere Zentimeter in den Tonkörper hinein. Bei einer relativ gleichmäßigen Zugabe von Microcem und bei einem gleichen Durchfluß erfolgte eine von vorne nach hinten vor sich gehende Auffüllung des Porphyrschotters.

Die Auffüllung vollzog sich zuerst entlang der Mittelachse des Rohrteiles 1 in Fortsetzung der Einlaßöffnung 6 bis in den Tonkörper hinein (a in Fig. 1). Im Kontakt mit dem feuchten Ton, aber auch mit dem vom Waschen und von Niederschlägen bei der Lagerung noch feuchten Porphyr kam es zu einer schnellen Abbindung des Zementes und zu einer genügenden Verfestigung. Nach einer Zugabe von 27 kg Microcem war der Injektor und damit wahrscheinlich auch der innere Rohrraum weitgehend verstopft.

In einem zweiten Injektionsabschnitt konnten mit steigendem Einpreßdruck bis 3,5 bar in einem etwa gleichen Zeitabschnitt wie bei der ersten Injektion nur noch 24 kg Microcem eingebracht werden. Der Zement breitete sich dabei seitlich des bereits zementierten Innenkanals im Grobgefüge kegelartig nach hinten aus (b in Fig. 1). Dadurch wurde der größere Teil des Rohrabschnittes 1 bis in die oberen Entnahmeöffnungen gefüllt, wobei der lockere Feinstzement verstärkt nach unten sedimentierte. Die Verfestigung dieses Materials dürfte erst durch die Zugabe von ca. 5 l Wasser durch die Kompressorluft erfolgt sein. Davon waren vor allen Dingen die vorderen 50 cm des Porphyrschotters betroffen, wo es zu Verklebungen größerer Schotterstücke und zu Belagbildungen auf den Schotterstücken selbst kam (c in Fig. 1).

Als Fazit konnte festgestellt werden, daß das sehr feinkörnige Microcem-Material ähnlich wie schon die Zemente bei den Vorversuchen in der gleichen Versuchsvorrichtung schnell und weit durch den Schotterkörper transportiert worden ist; aber, daß dieses Microcem infolge seiner großen Oberfläche auch wesentlich schneller mit der Feuchte vor allen Dingen des Tonkörpers im Rohrteil 2 reagierte. Aufgrund seiner Feinkörnigkeit konnte das Microcem-Material sogar in die Randfugen des tongefüllten Rohrabschnittes 2 und bis in den angebohrten und wieder mit Ton verfüllten Bohrraum eindringen, wo es einen Pfropfen bildete (e in Fig. 1).

Fig. 1 a–c zeigen den vorderen und hinteren Rohrverschluß (Anschlußdeckel) 1.1 und 2.1 sowie einen

Schnitt durch den Rohrteil 1 in Fig. 1 in Höhe von A-A' mit der Kontrollöffnung 1.3.

In einem Anschlußversuch ist der Durchgang von Microcem-Zement durch einen wassergefüllten Schotterkörper getestet worden. Dazu wurde die gleiche Rohranlage wie im Vorversuch benutzt. Sie wurde in beiden Teilen wieder mit Porphyrschotter der gleichen Körnung wie zuvor aufgefüllt und mit Wasser versetzt.

Nach Füllung mit Schotter und Wasser ist das gesamte Rohr mit einem Winkel von 25° schräg gestellt worden, so daß am hinteren Ende der Rohranlage ein wasserfreier Raum verblieb.

Damit kein Wasser auslaufen konnte, waren die hinteren Auslaßöffnungen (7 in Fig. 1) bis auf eine obere verschlossen. Aus dieser einzigen Auslaßöffnung blies nach einer knappen Minute nach Injektionsbeginn ein Wasser-Luft-Zement-Gemisch mehrere Meter weit aus. Der Einpreßdruck des Zement/Luft-Gemisches betrug während dieser Zeit 1 bar. Nach Erniedrigung des Einpreßdruckes bis auf 0,5 bar reduzierte sich der Ausblaststrom, und es kam zu einer allmählichen Verfüllung des Schotterinhaltes mit Zement. Die Verfüllung erfolgte wie beim Vorversuch von hinten nach vorn zu Einpreßseite, bis es schließlich zu einer Verstopfung der Eingangsöffnung (6 in Fig. 1) durch Zementstaub kam.

Nach Versuchsabschluß wurde die Rohranlage wieder waagrecht gestellt und auf beiden Seiten geöffnet, wobei überschüssiges Wasser auslief. Beim Ausbau des Rohrinhaltes zeigt es sich, daß der ursprünglich wassergefüllte Teil des Schotters mit Feinstzement verfüllt war, der größtenteils abgebunden und verfestigt vorlag. Im wasserfreien hinteren Zwickel des Rohres lag Zement ebenso wie in den oberen Entnahmeöffnungen staubförmig und trocken vor, zum Teil hatten einzelne Schotterstücke auch einen glatten Zementüberzug und Zementanhaftungen.

Zusammenfassend kann dieser Versuch folgendermaßen beurteilt werden: Das Misch- und Fördersystem von Zement und Luft hatte eine Kapazität von 1.11 kg pro Minute. Dieses Gemisch ist über 4 Einlaßöffnungen des vorderen Deckels eingeblasen worden. Durch das Luftblasen wurde auch das Wasser im Versuchsrohr bewegt oder sogar verdrängt und zusammen mit Zement über eine offene hintere Auslaßöffnung ausgeblasen. Der Anteil des ausgeblasenen Zementes wurde auf 20% geschätzt. Der Rest verblieb im Rohr, wo folgende Zementverteilung zu erkennen war: Im wassererfüllten Bereich des Schotterkörpers lag eine stärkere Füllung der Schotterzwischenräume mit Microcem vor. Dabei war auch eine teilweise Verbackung von Schotterstücken zu erkennen. Die nicht miteinander verbackenen Stücke waren größtenteils mit einem Überzug von Zementleim versehen. Der Zement war also in diesem Rohrabschnitt größtenteils abgebunden. Im Luftbereich des Schotterkörpers lag der Zement vorwiegend noch staubförmig vor, sonst aber waren einzelne Schotterstücke mit blasigen oder bienenwachslamellenartigen Überzügen bedeckt. Ansonsten wurde der Zement, soweit nicht die Zwischenräume des Schotters füllend, durch- und ausgeblasen.

Der beschriebene Versuch hat klar ergeben, daß ein mit Luft injizierter Feinstzement einen wassergefüllten Schotterkörper in einem Versuchsrohr von 2,60 m Länge innerhalb einer sehr kurzen Zeit durchdringen und rückschreitend verfüllen kann. Das würde für den praktischen Dichtungsfall bedeuten, daß Feinstzement wie Microcem auch unter dem Grundwasserspiegel mit Luft oder Gas transportierbar ist und damit zum Beispiel bei

Dichtwänden auch permeable Stellen im Grundwasserbereich erreichen kann.

Nach den erfolgreichen Versuchen mit eingeblasenem Zement in einem Proberohr ist ein Großversuch angeschlossen worden. Zu diesem Zwecke wurde ein Damm gemäß Fig. 3 errichtet, der in der Mitte eine Dichtwand 10 von 9 m Länge und 4 m Höhe einschloß. Die Dichtwand war 30 cm breit und bestand aus Aubeschalsteinen im Baukastensystem, die mit einer Procrete/Microcem-Suspension der Heidelberger Baustofftechnik GmbH verfüllt und außen mit einer Dichtschlämme abgedichtet wurden. Der vorderseitige Damm hatte eine Breite von knapp 8 m und einen Böschungswinkel von ca. 30°. Seine Länge entsprach der Längendimension der Dichtwand. Er bestand an der Basis aus einer Folie aus Kunststoff 12, mit der auch ein Wall 11 aus Lößlehm von ca. 1 m Höhe überdeckt wurde. Der Wall schloß seitlich an die Dichtwand an und hatte den Zweck, Wasser zu halten, welches über ein Einlaßrohr dem unteren Dammkörper 13 zugeführt wurde.

Vor der Dammanschüttung ist die Dichtwand an vier verschiedenen hohen Stellen 14 mit einem Kaliber von durchschnittlich 60 mm durchbohrt worden. Sie entsprechen den Fehlstellen in der Dichtwand, welche mit Hilfe von CO₂-Gas zu orten und später mit Zement zu verfüllen waren.

Die Dammanschüttungen erfolgten mit Muldenkippern und Radladern. Auf der Vorderseite bestand das Schüttmaterial in den unteren 2 m aus gebrochenem Muschelkalk 15 der Körnung von 0–100 mm. Er enthielt dementsprechend auch einen höheren Anteil an lehmig/mergeligem Material. Mit diesem Schüttmaterial ist auch der Vorwall überdeckt worden.

Auf die Lage mit gebrochenem Muschelkalk ist sortierter Quarzporphyr 16 der Körnung 32–64 mm überschoben worden, der auf einer etwa 1 m breiten Dammkrone gewalzt und damit verdichtet worden ist. Der gesamte vordere Dammteil ist schließlich mit einer ca. 20 cm starken Lößlehm Lage 17 zur Abdichtung überdeckt worden.

Die Hinterseite 18 der Dichtwand ist zwischen einer ansteigenden Betriebsstraße des Steinbruchs und der Dichtwand selbst einheitlich mit erwähntem gebrochenem Muschelkalkmaterial der Abstufung 0/100 mm aufgefüllt worden. Sie hatte keine Überdeckung mit Lößlehm wie auf der Vorderseite des Dammes. Die Geometrie des künstlich errichteten Dammes entsprach nicht den sonst definierten einheitlichen Größen eines Dammes wie gleichmäßige Schüttungen, Abmessungen und Neigungen. Demzufolge lagen erschwerte Versuchsbedingungen vor.

In diesen Damm sind Injektionssonden 19 und Meßsonden 20, wie in Fig. 4 dargestellt, installiert worden. Die Injektionssonden werden zunächst benutzt, um ein Meßgas, wie Kohlendioxid in den Dammkörper vorderseitig einzupressen, um damit die Fehlstellen 14 in der Dichtwand zu orten. Sie hatten durchschnittliche Abstände von einem Meter und verschiedene Neigungswinkel in Richtung zur Dichtwand. Die Injektionssonden sind 1 m lang und bestehen aus einem Aluminiumrohr von 26 mm Innendurchmesser, welches in der Mitte einen Abdichtungskegel aus Hartkunststoff enthält, der als Abdichtung im Boden dient. Die einzelnen Injektionssonden oder -lanzen sind mit Druckschläuchen an einen Verteiler angeschlossen, in den das Injektionsgas aus einer Gasquelle (Drucktank) eingespeist wird. Injektionssonden, Verteiler und Gasquelle sind mit Druck-

meßarmaturen versehen, mit denen der Einpreßdruck geregelt werden kann. Die Injektionssonden werden in vorbereitete Bohrlöcher von 0,8 m Tiefe und 30 mm Durchmesser bis in Höhe der Abdichtungskegel eingelassen. Das Injektionsgas strömt unter Drücken von 2 bis 5 bar geregelt über die Bohrlöcher gerichtet in den Dammkörper ein.

Das in die Vorderseite des Dammes injizierte Gas verteilt sich gemäß Fig. 4 über die Vorderseite des Damms und kann an der Oberfläche über Meßsonden 20 als Konzentration in Volumenprozent gemessen werden. Die Fig. 4 stellt die Gasverteilung in ungestörten zweistufigen Dammteilen dar. Die Meßsonden 20 sind vor und hinter der Dichtwand 10 aufgestellt. Die Meßsonden vor der Dichtwand erfassen alle Gase, die vor der Dichtwand unter Druck zur Dammkrone strömen. Die zwei Meßsonden hinter der Dichtwand detektieren dagegen die Gase, welche über Fehlstellen 14 (Durchlässigkeitsbereiche) auf die Rückseite des Dammes gelangen. Mit a) sind dabei die Gasausbreitungslinien, mit b) die Linien gleicher Gasdrücke bezeichnet.

Bei dem vorliegenden Versuch war es möglich, mit dem beschriebenen Meßsystem alle Fehlstellen zu erfassen und zu lokalisieren. Daraufhin sind die eigentlichen Versuche zum Einbringen von Dichtungsmaterialien mittels Gas- oder Luftstrom vorgenommen worden.

Die Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse besagt, daß ein Feinstzement wie Microcem sowohl im Gas- als auch im Luftstrom über längere Distanzen in einem aus gebrochenem Schotter bis zu einer Körnung von maximal 100 mm aufgebauten Damm eingeblasen werden kann.

Die Fig. 5 zeigt die Verteilung des Feinstzementes Microcem auf der Vorder- und Rückseite des Versuchsdammes. Auf der Vorder-(Luft)seite des Dammes ist das Gas (CO₂)-Zement-Gemisch über schräg geneigte Injektionssonden 19 in den Damm injiziert worden. Die Einpreßstellen lagen auf der linken und rechten Seite sowie in der Mitte der Dammlängsachse und wurden einzeln nacheinander betrieben. Gegen Ende eines jeweiligen Einblasvorganges erfolgte ein Austritt von Microcem-Staub am Dammfuß in ca. 1,5 bis 2 m Höhe über Sohle und an den Flanken des Dammes. Erst danach kam es zu einem Druckanstieg im Einblasbereich, der signalisierte daß kein Material mehr aufgenommen wurde. Der Gesamtdurchsatz an Microcem belief sich auf der vorderen Dammseite auf 670 kg.

Wie in der Fig. 5 dargestellt, drang der durch Injektionssonde 19 von vorn auf die Unterseite der Dichtwand 10 gerichtete Gas/Zement-Strom unter Drücken bis 3 bar über die obere Schüttlage aus Porphy 16 bis in untere Lage aus Kalkschotter 15 vor. Im Kalkschotter war auf Grund des sehr hohen erdigen Anteiles keine wesentliche seitliche Ausbreitung möglich. Nach Auffüllung des unteren Einpreßkanals mit Zement vollzog sich die weitere Ausbreitung in rückwärtiger Richtung nach oben, wo es an der Grenze Porphy/Kalkschotter wegen des großen Porenraums der Porphyrlage auch zu einer seitlichen Ausbreitung kam. An dieser Grenze trat der Zementstaub schon nach 7 Minuten seit Beginn der Verpressung seitwärts an der Böschung aus. Mit weiterem rückwärtigen Fortschreiten der Zementauffüllung wurde auch der obere Abschnitt der Porphyrlage mit Feinstzement imprägniert. Zum Schluß des Einpressvorganges ist auch der Einpreßkanal in Oberflächennähe mit Zementstaub umhüllt worden, wodurch der Druckanstieg wie oben erwähnt, eine Erklärung findet. Der Verlauf der Zementeinpressung ging also ähnlich

vor sich wie in dem Rohrversuch, nämlich eine Ausbreitung der Zementfront bis an vorhandene Grenzlagen, und dann erfolgte rückschreitend die Auffüllung des Restraumes bis zur Einpreßsonde.

Zu einer raschen Zementabbindung kam es nur in den Bereichen, wo das Wasser aus Niederschlägen oder aus künstlicher Versickerung in die imprägnierten Zonen eindringen konnte. So bildeten sich in den oberen 50 cm der zementgefüllten Schotter feste Zementbarrieren, die besonders im Bereich der Injektionssonden wie natürliche Erddome mit einem verhärteten Deckel an der Oberfläche aussahen. Die tieferen, nicht vom Niederschlag erreichten trocken eingebauten Porphyrlagen enthielten dagegen in ihren Hohlräumen nur lockeren Zementstaub. In dem erwähnten mit Folien ausgelegtem Becken zwischen der Dichtwand und einem Außenwall aus Lößlehm war der Zement im Wallbereich angefeuchtet.

Eine nach der Zementinjizierung erfolgte Überprüfung der Dichtigkeitsverhältnisse im imprägnierten vorderen Damm ergab an den vorderen Meßsonden CO₂-Werte, die einen 2—3mal niedrigeren Level als vor der Zementinjizierung aufwiesen. Es waren auch keine größeren Konzentrationsänderungen mehr festzustellen. Das eingepreßte CO₂-Gas fand infolge der Zementimprägnierung keine weitere Ausdehnungsmöglichkeit.

Auf der Rückseite der Dichtwand fanden weitere Zementinjektionen über drei nahezu senkrecht eingelassene Injektionssonden 19 statt, die zur Dichtwand nur einen Abstand von ca. 0,7 m hatten. Sie wurden nacheinander mit Microcem beschickt. Während der Injektion des Zementes mit komprimierter Luft kam es sehr schnell zum Ausblasen von Zementstaub aus den benachbarten Bohrlöchern der rückwärtigen Meßsonden, aus dem Grenzbereich der Dichtwand und der Aufschüttung aus Kalkschotter sowie aus der linken hinteren Dammflanke. Ebenso erfolgte ein Ausblasen aus einer freigelegten Fehlstelle auf der rechten Dichtwandseite (vom vorderen Damm her gesehen) und eine Füllung einer weiteren Fehlstelle auf zwei Drittel Länge mit einem zum Teil abgebundenen Zement.

Bei diesen rückwärtigen und nahezu senkrecht ausgeführten Injektionen konnten also ebenfalls Fehlstellen getroffen und auch verfüllt werden. Insgesamt führte die rückwärtige Einpressung von nur insgesamt 210 kg Microcem zu einer Verfestigung des sehr heterogenen Kornbereiches des Kalkschotters, was auch daran zu erkennen war, daß dieses Lockermaterial beim Abbau des Dammes mit steilem Abbruch stehen blieb und nicht den sonst üblichen flachen Böschungswinkel aufwies.

Aus diesen Beispielen, die nicht den gesamten Umfang der Versuche dokumentieren geht klar hervor, daß ein gas- oder luftförmiges einbringen von Dichtungsmaterialien in Böden und Erdbauwerken möglich ist.

Selbstverständlich können hier nicht alle Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung vollständig aufgeführt werden; sie ist aber immer dann anwendbar, wenn durchlässige Gefüge in Böden, Gesteinen, Erd- und Steinbauwerken ohne schädigende Eingriffe in den Untergrund oder in Bauwerke abzudichten und auch zu festigen sind.

Bevorzugte Anwendungen findet das erfindungsgemäße Verfahren bei der sekundären Verfestigung von Deichen und Dämmen und der Abdichtung von Steinmaterialien in den Stützkörpern von Dämmen, Straßen und Eisenbahnstrecken sowie von natürlichen und künstlichen Steinhalden, zur flächigen Dichtung sölhiger Boden- und Steinlagen zwecks Separierung von

Grundwasserstockwerken, in Basisabdichtungen aus Mineralstoffen von Abfalldeponien, zum Abdichten von durchlässigen Kanal- und Flußsohlen, zur Festigung und Abdichtung von Innenkernen von Deichen und Dämmen oder zum nachträglichen Einbau einer Innenabdichtung in Seedeichen aus Spülsand, zur Abdichtung senkrechter Schlitz- oder Dichtwände, durch welche Baugruben, Abfalldeponien, Deiche und Dämme von Kanälen und Staubecken vor Wasserverlusten oder Wasserzulauf geschützt werden, zur Dichtung von Rohrleckagen in bodenverlegten Rohren aller Art, und von verwitterten und aufgelockerten Bauteile von Natursteinfassaden und -fundamenten und Betonwänden, in Böden und Bauschuttauuffüllungen zur Verringerung des Wasserzuflusses in die Fundamente von Bauwerken aus Naturstein oder Beton, zur Dichtung, Festigung und Stabilisierung erosionsgefährdeter oder rutschgefährdeter Böden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einbringen von Dichtungs- und Verfestigungsmaterialien in Böden, Gesteine, Erd- und Steinbauwerke, welche Risse, Fugen, Klüfte, Erosionskanäle und allgemein Hohlräume aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtungsmaterialien mit einem gasförmigen Transportmedium vermischt über eine oder mehrere Injektionssonden in die durchlässigen Bereiche eingeblasen und in den zu dichtenden Zonen abgesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Trägergas Preßluft, Stickstoff oder Kohlendioxid verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine geeignete Neigung und Eindringtiefe der Injektionssonden der Gasstrom mit den eingemischten Dichtungsmaterialien so gelenkt wird, daß die durchlässigen Bereiche in verschiedenen Tiefen der Böden, Gesteine, Erd- und Steinbauwerken gezielt erreicht und gedichtet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Dichtmaterial Feinstzement mit einer Körnung von unter 16 µm, vorzugsweise überwiegend unter 10 µm und insbesondere unter 8 µm, verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bindung des Feinstzementes nachträglich Wasser in Form von Wasserdampf in den Durchlässigkeitsbereich über die Injektionssonden eingebracht werden kann, falls die natürliche Feuchte im Dichtungsbereich nicht dazu ausreicht.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Dichtungsmaterial Bitumen und asphaltähnliche Verbindungen in verdampfter Form verwendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirkung der Dichtungsmittel in den behandelten durchlässigen Bereichen in Böden, Gesteinen, Erd- und Steinbauwerken durch Detektion der ausströmenden Trägergase kontrolliert wird.
8. Verwendung der Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Dichtung und Verfestigung von Böden, Gesteinen, Erd- und Steinbauwerken, welche Risse, Fugen, Klüfte, Erosionskanäle oder Hohlräume aufweisen.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

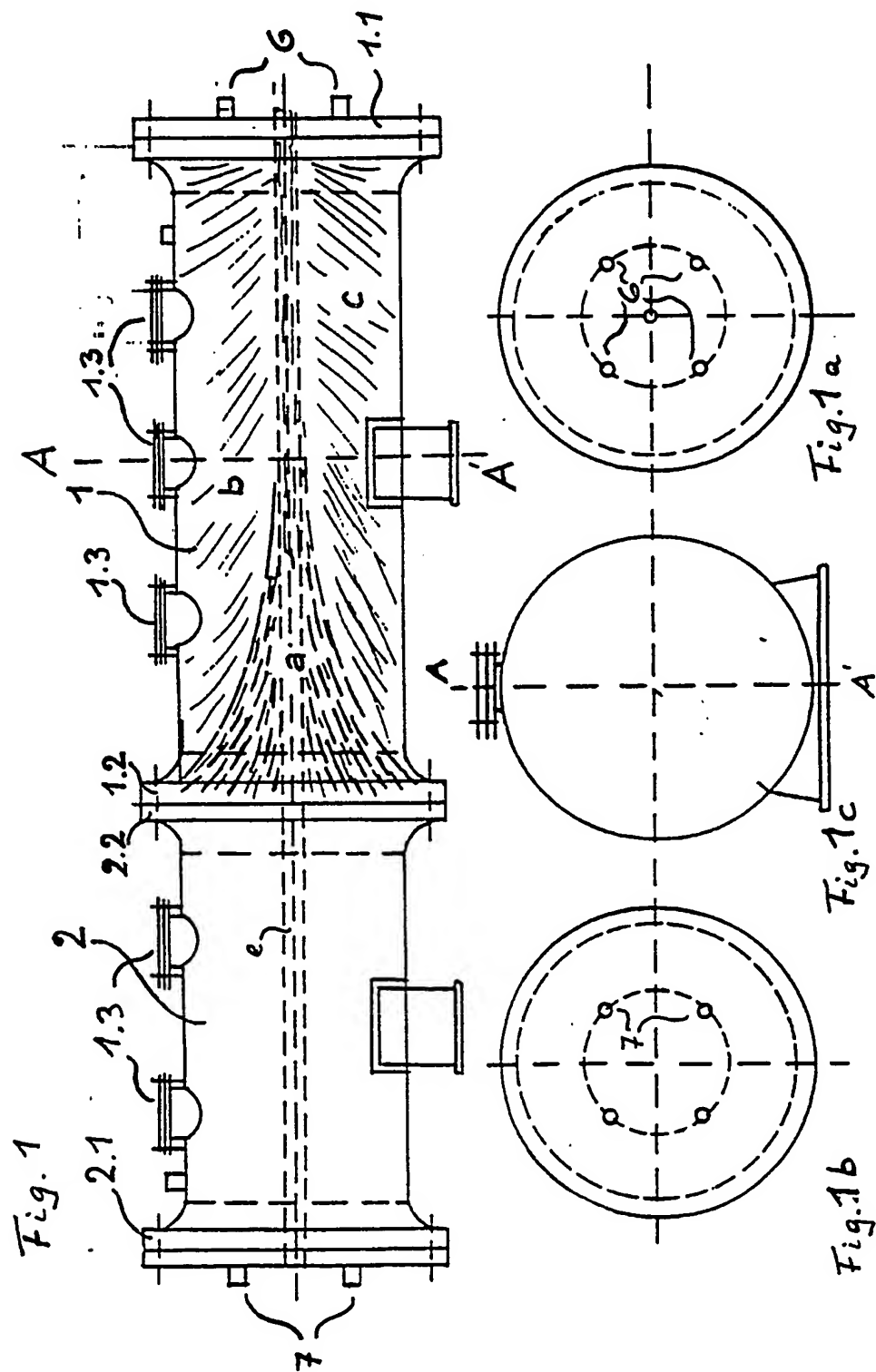
50

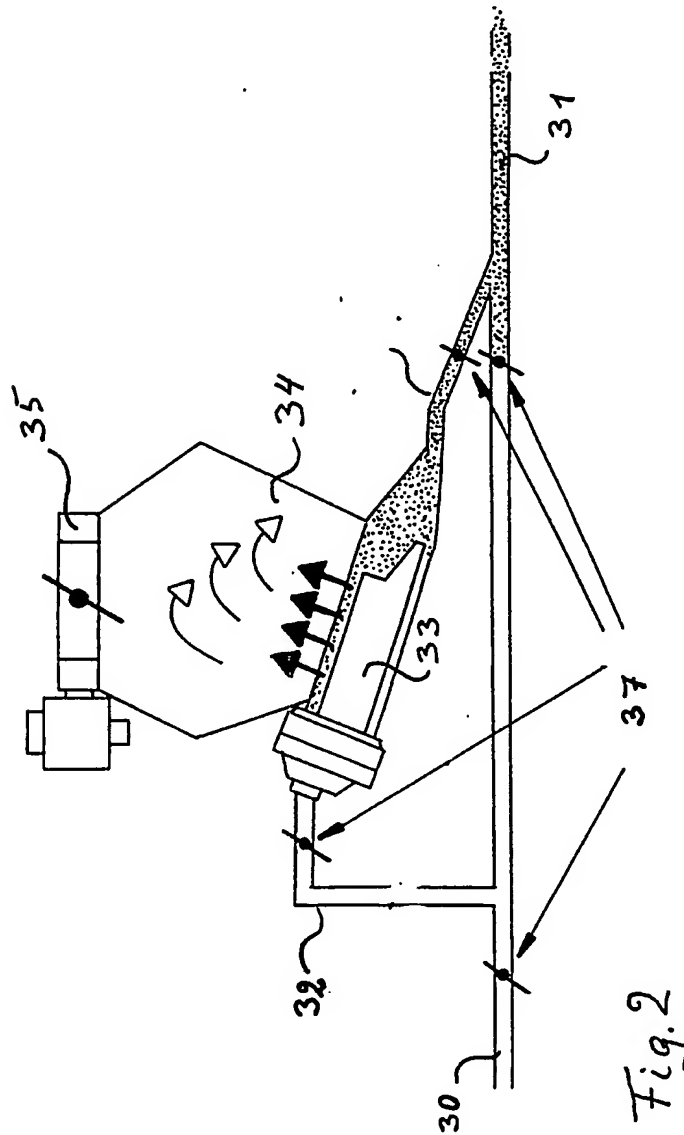
55

60

65

- Leerseite -





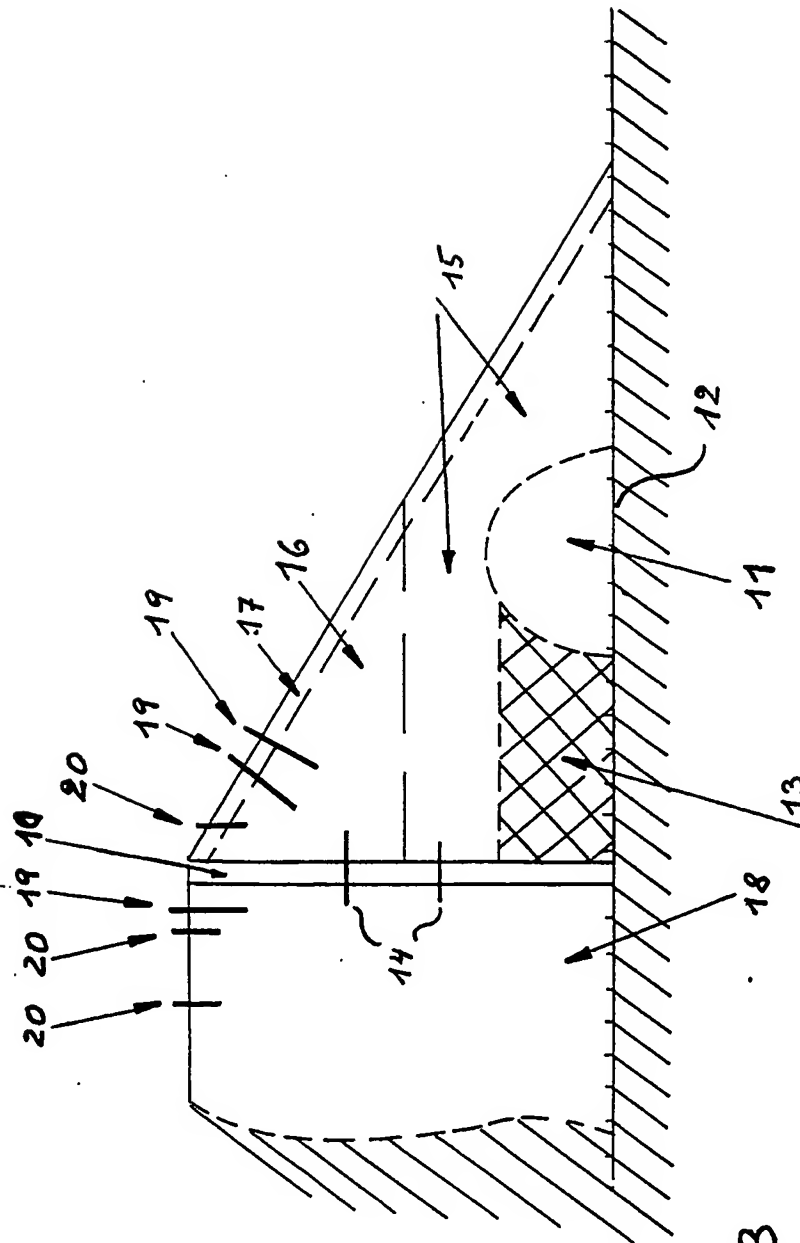
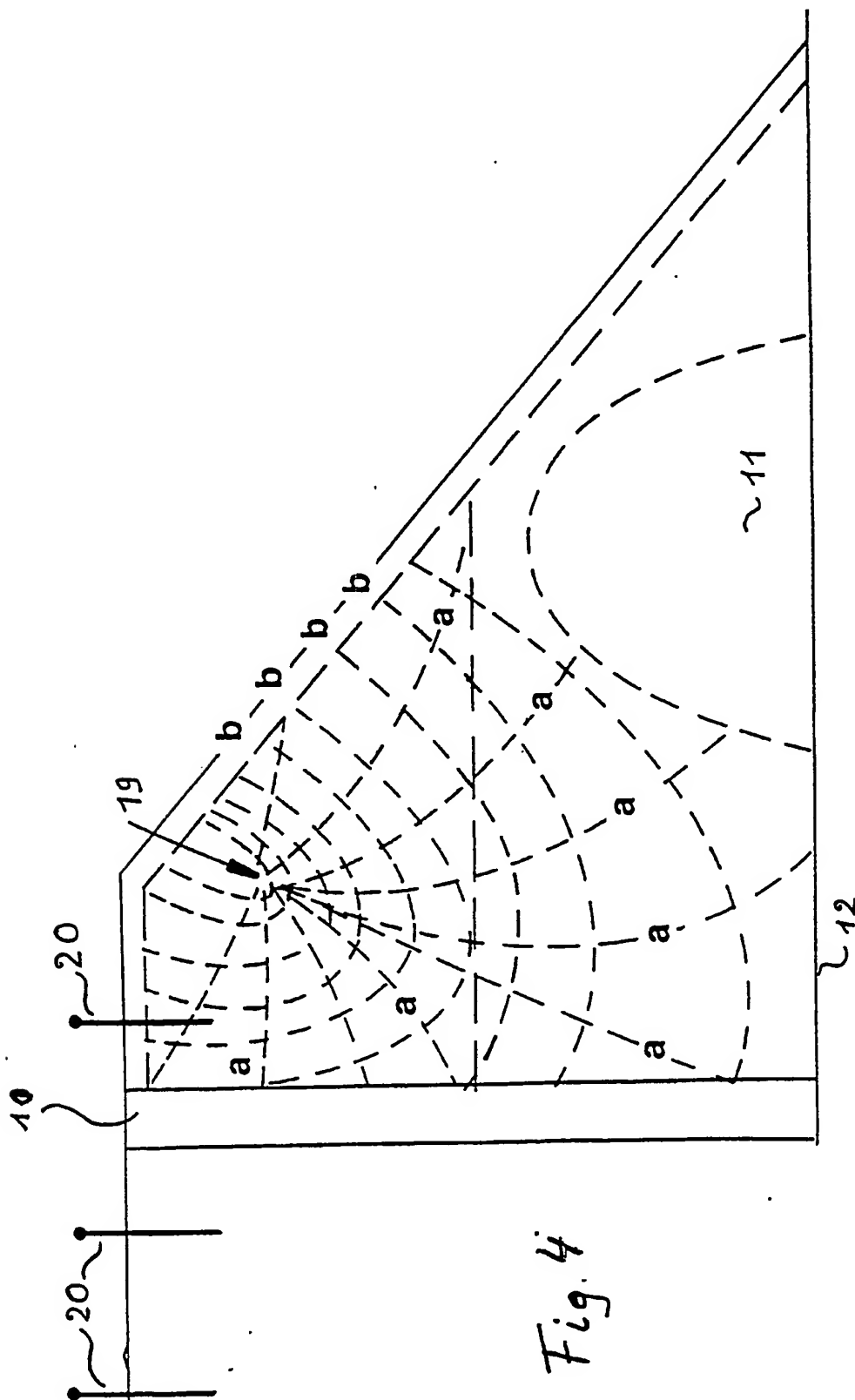


Fig. 3



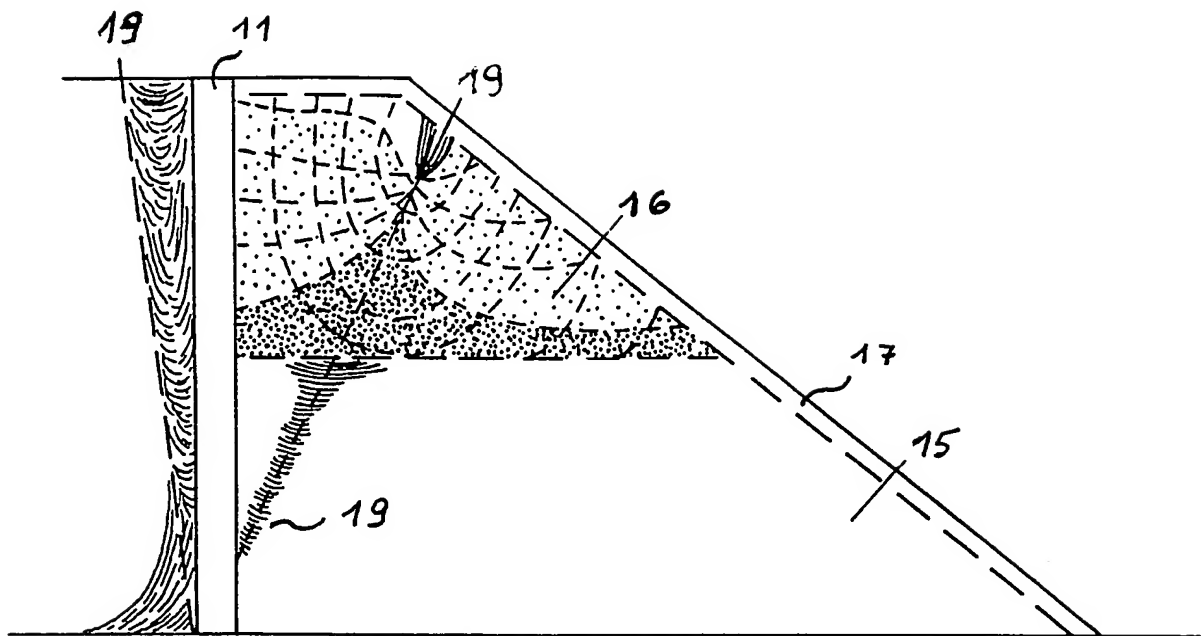


Fig 5